

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1 Umum

Perencanaan suatu dermaga penyeberangan perlu direncanakan dengan sebaik-baiknya. Suatu dermaga penyeberangan harus memiliki dimensi dan ukuran yang cukup dalam melayani keperluan menaik turunkan penumpang kapal dengan baik seperti ketinggian elevasi dermaga, untuk mengantisipasi agar tidak terjadi banjir ketika air meluap, jarak dholpin serta kedalaman perairan yang dibutuhkan. Oleh karena itu dimensi dan ukuran sangat penting direncanakan dengan baik guna melihat apakah dermaga penyeberangan yang di rencanakan ini telah sesuai dengan standar yang ada dan apakah aman untuk digunakan.

Dermaga merupakan sebuah struktur bangunan yang di buat di laut untuk menghubungkan bagian darat dan pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat merapat atau menambatkan kapal yang akan melakukan kegiatan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang. Dermaga terdiri atas dua struktur yaitu struktur atas (balok, pelat lantai, poer) dan struktur bawah (tiang pancang) yang berfungsi mendukung bagian diatasnya. Konstruksi dermaga. diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukan kapal dan beban selama bongkar muat. Penentuan dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

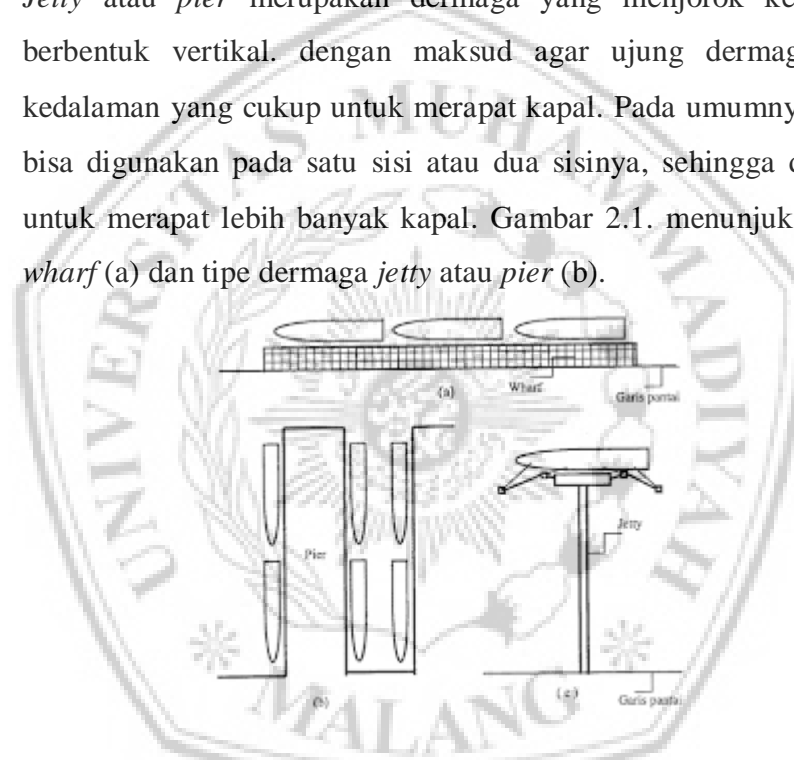
Dermaga dapat dibedakan menjadi dua type yaitu *wharf* atau *quai* dan *jetty* atau *pier*

➤ Dermaga tipe *wharf*

*Wharf* merupakan dermaga yang sejajar dengan garis pantai dan berbentuk horizontal. *Wharf* biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti kemas yang membutuhkan halaman cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang

➤ Dermaga tipe *Pier* atau *Jetty*

*Jetty* atau *pier* merupakan dermaga yang menjorok ke arah laut dan berbentuk vertikal. dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Pada umumnya *jetty* atau *pier* bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal. Gambar 2.1. menunjukkan tipe dermaga *wharf* (a) dan tipe dermaga *jetty* atau *pier* (b).



Gambar 2.1. Tipe dermaga (Triatmodjo, 2009)

## 1.2 Perencanaan struktur Dermaga Trestle

Trestle adalah bagian struktur pelabuhan yang berfungsi sebagai jembatan untuk menghubungkan darat dan laut. Pada pelabuhan penyeberangan beban yang diterima adalah beban kendaraan yang berjalan di atasnya. Struktur trestle terdiri dari plat, balok. Poer dan tiang pancang.

Pada perencanaan dermaga harus dipertimbangkan semua aspek yang mungkin akan berpengaruh baik pada saat pelaksanaan konstruksi maupun pada saat pengoperasian dermaga. Seperti, kebutuhan yang akan dilayani, ukuran kapal, arah gelombang dan angin, kondisi topografi dan tanah dasar laut, dan tinjauan ekonomi untuk mendapatkan bangunan yang paling ekonomis. Prosedur perencanaan dermaga secara umum adalah sebagai berikut :

1. Penentuan ukuran dermaga dan layout yang digunakan
2. Dermaga, lokasi fasilitas lain misalnya : bolard dan fender
3. Penentuan asumsi dimensi masing-masing bagian struktur yaitu plat balok, tiang pancang dsb.
4. Penentuan beban yang bekerja pada masing-masing bagian struktur, setelah terlebih dahulu ditentukan kebutuhan ukuran fender dan bollard.
5. Perhitungan kekuatan struktur dari masing-masing bagian struktur termasuk penulangan plat, balok, poer, dsb.
6. Pengecekan terhadap stabilitas struktur secara keseluruhan.
7. Pembuatan detail gambar sesuai dengan perhitungan yang didapatkan apabila pengecekan/kontrol stabilitas tidak memenuhi persyaratan maka perhitungan harus diulangi lagi mulai langkah ketiga.

Umur (*life time*) Pada umumnya ditentukan oleh fungsi, sudut, pandang ekonomi dan sosial untuk itu maka harus dipilih material yang sesuai sehingga konstruksi dapat berfungsi secara normal sampai umur yang direncanakan. Terlebih lagi untuk konstruksi yang menggunakan desain kayu atau baja yang cenderung untuk menurun kemampuan pelayanannya akibat adanya kembang susut ataupun korosi, maka umur rencana harus ditetapkan guna menjamin keamanan konstruksinya.

Dermaga penyeberangan ferry amahai maluku tengah menggunakan kontruksi beton bertulang sehingga umur rencana yang dapat di tentukan antara 60 – 90 tahun.

### 2.2.1 Pemilihan tipe dermaga

Dalam merencanakan suatu dermaga perlu adanya pertimbangan-pertimbangan pokok yang diperlukan untuk pemilihan tipe dermaga secara umum adalah:

#### 1. Tinjauan Topografi daerah pantai

Dalam merencanakan suatu bangunan dermaga diperlukan tinjauan topografi daerah pantai disekitar lokasi pembangunan dermaga tersebut, dilakukan karena berkaitan dengan keamanan, efektifitas, kemudahan proses pengerjaan dan faktor ekonomis. Misalnya pada perairan yang dangkal sehingga kedalaman yang cukup agak jauh dari daratan, pemilihan dermaga type *jetty* akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan yang besar. Sedangkan pada lokasi dimana kemiringan dasar cukup curam, pembuatan *pier* dengan melakukan pemancangan tiang di perairan yang dalam menjadi tidak praktis dan sangat mahal. Dalam hal ini pembuatan *wharf* bisa dipandang lebih tepat. Jadi bisa disimpulkan kalau tinjauan topografi sangat mempengaruhi dalam pemilihan alternatif tipe dermaga yang direncanakan.

#### 2. Jenis kapal yang dilayani

Tipe dan dimensi serta bentuk dermaga yang di rencanakan sangat tergantung pada jenis dan karakterisrik kapal yang akan di layani oleh dermaga tersebut. Dermaga yang akan melayani kapal minyak (tanker) dan kapal barang curah mempunyai konstruksi yang ringan dibanding dengan dermaga barang potongan (*general cargo*), karena dermaga tersebut tidak memerlukan peralatan bongkar muat yang besar (*crane*), jalan kereta api, gudang-gudang dan sebagainya. Untuk melayani kapal tersebut, biasanya penggunaan *pier* dipandang lebih ekonomis. Untuk keperluan melayani kapal tanker atau kapal barang

curah yang sangat besar biasanya dibuat tambatan lepas pantai dan proses bongkar muat dilakukan menggunakan kapal yang lebih kecil atau tongkang dan barang akan dibongkar di dermaga tepi pantai yang berukuran relatif lebih kecil.

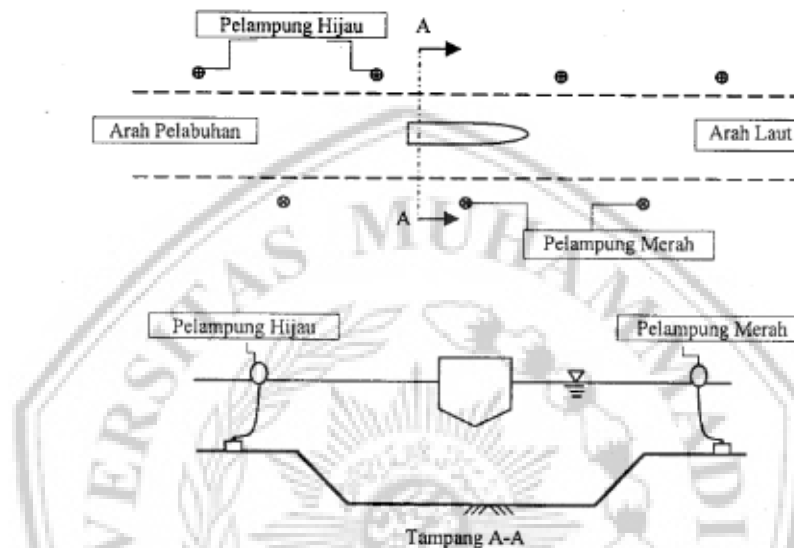
### 3. Daya dukung tanah

Pemilihan tipe dermaga juga didasari pada kondisi tanah disekitar lokasi pembangunan dermaga tersebut. Pada umumnya tanah di sekitar dataran memiliki daya dukung yang lebih besar daripada tanah di dasar laut yang umumnya terdiri dari endapan lumpur yang padat. Ditinjau dari daya dukung tanah, pembuatan *wharf* akan lebih menguntungkan. Tapi apabila tanah dasar berupa karang, pembuatan *wharf* akan mahal karena untuk mendapatkan kedalaman yang cukup di depan *wharf* diperlukan pengerukan yang besar. Sedangkan pembuatan *jetty* akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan dasar karang. Dengan mempertimbangkan kondisi daya dukung tanah pada lokasi pembangunan dermaga penyeberangan ferry Amahai, maka dipilih dermaga dengan tipe *pier* atau *jetty*.

#### 1.2.2 Alur pelayaran

Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal yang keluar dan masuk pelabuhan. Alur pelayaran dan kolam pelabuhan cukup tenang terhadap pengaruh gelombang dan arus. Alur pelayaran ini di tandai dengan alat bantu berupa pelampung dan lampu lampu. Pada umumnya daerah tersebut mempunyai kedalaman yang kecil, sehingga sering diperlukan pengerukan untuk mendapatkan kedalaman yang di perlukan. Alur pelayaran berada dibawah permukaan air, sehingga tidak dapat terlihat oleh nahkoda kapal. Untuk menunjukan posisi alur pelayaran, dikanan kirinya dipasang pelampung, dengan warna berbeda.

Pelampung disebelah kanan, terhadap arah kelaut berwarna merah sedang disebelah kiri berwarna hijau. Kapal harus bergerak diantara kedua pelampung tersebut. Gambar 2.2 menunjukan alur pelayaran dan posisi pelampung. (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.2 Alur Pelayaran** (Triatmodjo, 2009)

Penentuan dimensi (lebar dan kedalaman) alur pelayaran dipengaruhi oleh :

- Karakteristik maksimum kapal yang akan menggunakan pelabuhan
- Mode operasional alur pelayaran satu arah atau dua arah
- Kondisi bathimetri, pasang surut, angin dan gelombang yang terjadi
- Kemudahan bagi navigasi untuk melakukan gerakan manuver

#### 1. Kedalaman alur

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal kedalaman air di alur masuk harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada

muka air terendah dengan kapal bermuatan penuh. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kedalaman alur ideal adalah:

$$H = D + G + Z + P + R + S + K \dots\dots\dots(2.1.)$$

(Triatmodjo, 2009: 147)

Dimana:

H = Kedalaman total air di alur pelayaran saat muka air terendah

d = draft kapal (meter)

G = gerakan vertikal kapal karena gelombang dan squat

$$= \frac{B}{2} x \sin \alpha. \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan  $\alpha$  = sudut oleng kapal (diambil  $5^\circ$ )

B = lebar kapal (m)

$$Z = \text{squat} = 2,4 \frac{\Delta F^r}{L_{pp}^2 \sqrt{(1-Fr^2)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$\Delta$  = volume air yang dipindahkan ( $m^3$ )

$L_{pp}$  = panjang garis air =  $0,846 Lo^{1,0193}$

$Fr$  = angka Fraude =  $\frac{V}{\sqrt{gh}}$   $\dots\dots\dots(2.4)$

V = kecepatan kapal (m/s)

Kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan dermaga. Secara umum kecepatan merapat kapal dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

**Tabel 2.1.** Kecepatan merapat kapal pada dermaga

Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0,25	0,30
500 – 10.000	0,15	0,20
10.000 – 30.000	0,15	0,15
Di atas 30.000	0,12	0,15

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = kedalaman air (m)

$P$  = Ketelitian pengukuran.

$R$  = Ruang kebebasan bersih (clearance) sebagai pengaman antara luas dengan dasar laut.

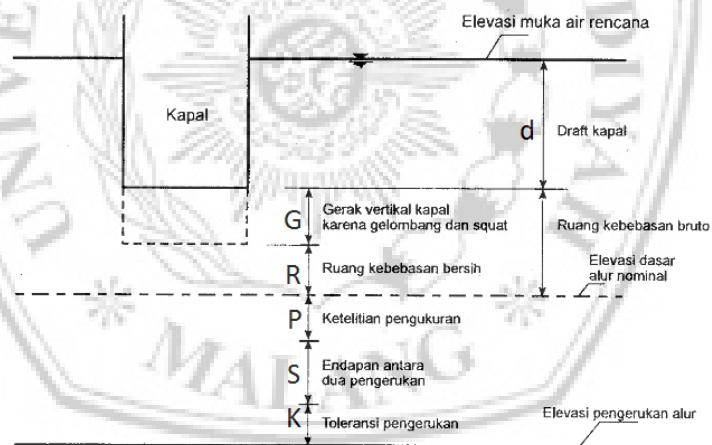
Pantai pasir = 0,50 m.

Karang = 1,00 m

$S$  = Endapan sedimen diantara dua pengerukan.

$K$  = Toleransi pengerukan.

$$P + S + K = 1 \text{ m}$$



**Gambar 2.3.** Kedalaman Alur pelayaran (Triatmodjo, 2009)

- **Draft Kapal**

Draft kapal ditentukan oleh karakteristik kapal terbesar yang menggunakan dermaga, muatan yang diangkut, dan juga sifat sifat air seperti berat jenis, salinitas dan temperatur. Tabel 2.2 memberikan draft kapal untuk berbagai ukuran. Nilai yang ada didalam tabel tersebut perlu ditambah dengan angka koreksi karena adanya salinitas dan kondisi muatan.

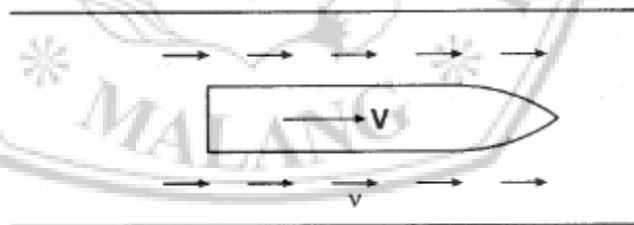


**Tabel 2.2.** Dimensi kapal sesuai bobot kapal

Bobot Kapal (GT)	Panjang Total Loa (m)	Lebar $B$ (m)	Draft (m)
10	13,50	3,80	1,05
20	16,20	4,20	1,30
30	18,50	4,50	1,50
50	21,50	5,00	1,78
75	23,85	5,55	2,00
100	25,90	5,90	2,20
125	28,10	6,15	2,33
150	30	6,45	2,50

- Squat

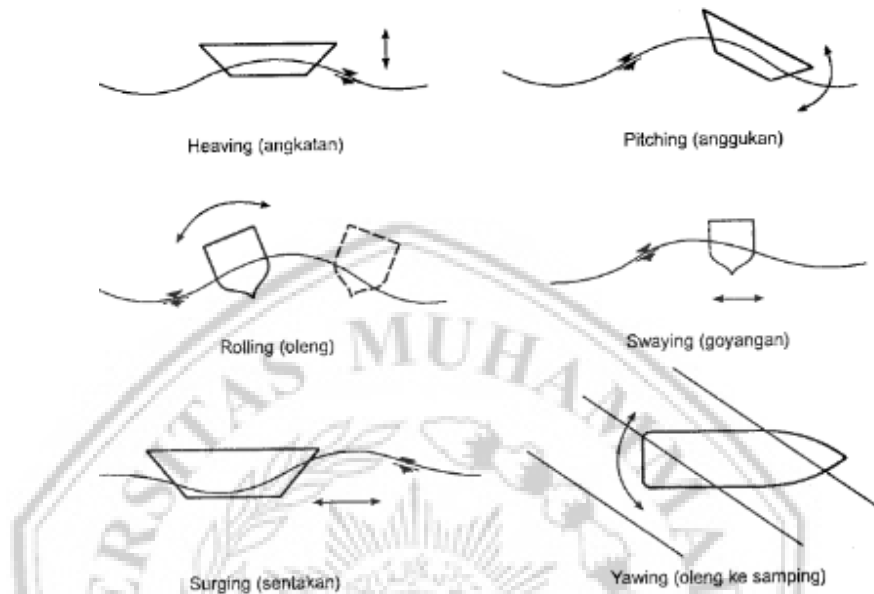
Squat adalah pertambahan draft kapal terhadap muka air yang disebabkan oleh kecepatan kapal. Berdasarkan hukum bernoulli, permukaan air naik disebabkan karena kecepatan bertambah. Squat akan tampak jelas di saluran sempit, tetapi juga terjadi di saluran dengan lebar tak terhingga. Dua faktor yang menentukan besar squat adalah kedalaman alur pelayaran dan kecepatan kapal. Squat dihitung berdasarkan kecepatan maksimum yang diijinkan.

**Gambar 2.4.** Squat (Triatmodjo, 2009)

- Gerakan kapal karena pengaruh gelombang

Gerak kapal relatif terhadap posisinya pada waktu tidak bergerak di air diam adalah penting didalam perencanaan alur pelayaran dan mulut pelabuhan. Gerak vertikal kapal di gunakan untuk menentukan kedalaman alur, sedang gerak horisontal terhadap sumbu alur yang ditetapkan adalah penting untuk menentukan lebar alur. Gambar 2.3 adalah beberapa gerakan kapal karena

pengaruh gelombang. Skala dari gambar tersebut didistorsi untuk memberikan gambaran yang lebih jelas.



**Gambar 2.5.** pengaruh gelombang pada berat kapal (Triatmodjo, 2009)

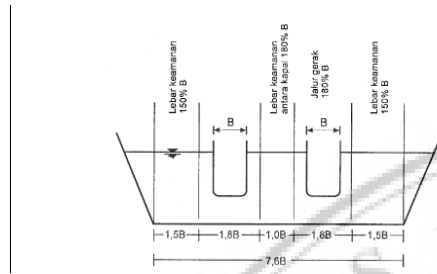
## 2. Lebar alur pelayaran

Lebar alur pelayaran biasanya diukur pada kaki sisi-sisi miring saluran atau pada kedalaman yang direncanakan. Lebar alur tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- Lebar, kecepatan dan gerakan kapal
- Trafic kapal apakah alur direncanakan untuk satu atau dua jalur
- Kedalaman alur
- Apakah alur sempit atau lebar
- Stabilitas tebing alur
- Angin, gelombang, arus dan arus melintang dalam alur

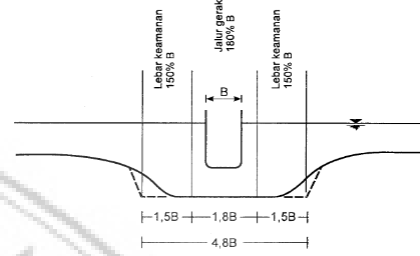
Belum ada rumus baku yang menjelaskan tentang lebar alur pelayaran, tetapi beberapa kriteria telah ditetapkan berdasarkan pada lebar kapal dan faktor-faktor tersebut secara implisit. Pada

alur untuk satu jalur (tidak ada simpangan), lebar alur dapat ditentukan dengan mengacu gambar 2.3.a sedangkan jika kapal boleh bersimpangan, lebar alur dapat ditentukan dengan menggunakan gambar 2.3.b



**Gambar 2.6.a** lebar alur satu jalur (bruun, 1981)

(bruun1981)



**Gambar 2.6.b** lebar alur 2 jalur

cara lain untuk menentukan lebar alur diberikan oleh OCDI (1991). Lebar alur untuk dua jalur diberikan oleh tabel 2.3. untuk alur diluar pemecah gelombang, lebar alur harus lebih besar dari pada yang diberikan dalam tabel tersebut, supaya kapal bisa melakukan gerakan dengan aman dibawah pengaruh gelombang, arus, topografi dan sebagainya

**Tabel 2.3.** Lebar alur menurut OCDI

Panjang Alur	Kondisi Pelayaran	Lebar
Relatif panjang	Kapal sering bersimpangan	$2 L_{oa}$
	Kapal tidak sering bersimpangan	$1,5 L_{oa}$
Selain dari alur di atas	Kapal sering bersimpangan	$1,5 L_{oa}$
	Kapal tidak sering bersimpangan	$L_{oa}$

### 2.2.3. Perencanaan Dimensi

Ukuran dermaga didapatkan dari menghitung besarnya panjang dermaga dan lebar dermaga. Panjang dermaga dipengaruhi oleh panjang kapal yang akan berlabuh dan banyaknya kapal yang direncanakan untuk berlabuh di dermaga tersebut. Sedangkan hal-hal

yang mempengaruhi lebar dermaga disesuaikan dengan kebutuhan ruang untuk dermaga.

### 1. Panjang Dermaga

dermaga yang digunakan untuk merapat beberapa kapal didasarkan pada panjang kapal rerata. IMO (*Internationaal Panjang Maritim Organization*) memberikan persamaan untuk menentukan panjang dermaga sebagai berikut:

$$L_p = nL_o + (n-1) \times 10\% \times L_o \quad (2.5)$$

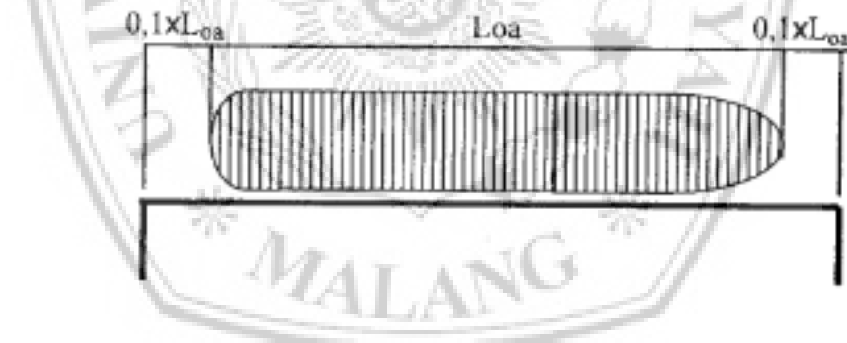
(Triatmodjo, 2009: 214)

Dimana:

$L_p$  = Panjang dermaga (m)

$L_o$  = Panjang kapal yang ditambat (m)

$n$  = Jumlah kapal yang ditambat



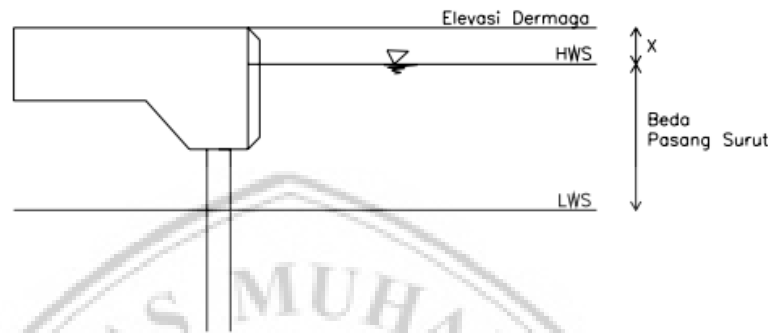
**Gambar 2.7** dimensi wharf

### 2. Lebar Dermaga

Lebar suatu dermaga yang disediakan harus disesuaikan dengan kebutuhan ruang yang tergantung pada aktifitas bongkar muat dan persiapan berlayar pada dermaga tersebut.

### 3. Elevasi Dermaga

Tinggi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang. Seperti terlihat pada gambar 2.5 .



**Gambar 2.8 .** Elevasi Lantai Dermaga (Triatmodjo, 2009)

Elevasi dermaga menurut (Triatmodjo,2009) didapat dari elevasi hasil hitungan pasang surut (HHWL) ditambah dengan tinggi gelombang yang terjadi akibat angin/*fetch* di dalam kolam pelabuhan maksimum dalam pelabuhan dan tinggi jagaan.

## 2.3. Perencanaan Pembebanan

### 2.3.1. Beban Vertikal

#### 1. Beban mati/ berat sendiri

Beban mati atau berat sendiri merupakan beban yang berasal dari beban-beban mati yang bersifat permanen dan konstan selama waktu hidup suatu konstruksi tersebut. Seperti beban plat, balok memanjang dan melintang, maupun beban poer. Untuk mencari beban pada plat, pertama adalah menghitung beban terbagi rata-ratanya pada setiap luasan plat, kemudian mencari beban terbagi merata ekuivalensiannya yang akan diterima oleh balok. Hal ini untuk memudahkan dalam pelaksanaan analisa strukturnya. Sedangkan untuk beban pada balok dan poer, beban terbagi rata-ratanya tergantung dari beban yang direncanakan, dari semua perhitungan beban tersebut kan dijadikan satu dalam

berat sendiri. Untuk sebagian besar beton bertulang, harga standar berat volume yang dipakai adalah 2,4 t/m<sup>3</sup>.

## 2. Beban hidup

Beban hidup yang digunakan dalam menghitung pembebanan dermaga Ferry ini mengacu pada Standar Pembebanan Pada jembatan tahun 2005 dengan karakteristik pembebanan sebagai berikut :

### ➤ “Beban T” truk desain 50 ton

Beban truk “T” adalah satu kendaraan dengan berat 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana. Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as, Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Dimana :  $a_1 = a_2 = 200 \text{ mm}$

$b_1 = 125 \text{ mm}$

$b_2 = 500 \text{ mm}$

muatan rencana sumbu = 22,5 ton

### ➤ Beban roda 11,25 ton

Beban roda merupakan beban truk yang memiliki beban roda ganda sebesar 11,25 ton. Beban roda kendaraan ini disebarkan pada lantai kendaraan arah memanjang maupun arah melintang

Penyebaran gaya dihitung berdasarkan Persamaan 2.6 untuk potongan memanjang plat lantai dermaga dan Persamaan 2.7 untuk potongan melintang plat lantai dermaga

- Untuk potongan memanjang plat lantai dermaga

$$U = a1 + 2 (1/2 \times t.\text{plat beton} + t.\text{aspal}) \quad (2.6)$$

- Untuk potongan melintang plat lantai deramaga

$$U = b2 + 2 (1/2 \times t.\text{plat beton} + t.\text{aspal}) \quad (2.7)$$

➤ “Beban D” terbagi rata (BRT)  $q = 9 \text{ kpa}$

Beban terbagi rata (BRT) mempunyai intensitas  $q \text{ Kpa}$ , dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani, jika :

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ Kpa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ Kpa}$$

Dimana :  $L$  = panjang total jembatan yang dibebani (meter)

$q$  = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

Untuk menentukan nilai intensitas beban terbagi rata dengan panjang total jembatan maka dapat ditentukan pada Gambar 2.5.

Pada penyebaran gaya (distribusi beban) untuk beban hidup, maka dalam menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban “D” terbagi rata melalui lantai kendaraan ke gelagar-gelagar dihitung berdasarkan Persamaan 2.8.

$$q' = \frac{q}{2,75} \times \alpha \times s \quad (2.8)$$

Dimana :

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu

$\alpha$  = faktor distribusi

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang diperhitungkan

$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan

$q$  = beban terbagi rata

➤ “Beban D” garis terpusat (BGT)  $p = 49 \text{ kNm}$

Beban garis terpusat “P” ton per jalur lalu lintas harus ditempatkan tergak lurus terhadap arus lalu lintas pada jembatan, beban D adalah seperti tertera pada Gambar 2.6. Pada penyebaran gaya (distribusi beban) untuk beban hidup, maka dalam menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban “D” terbagi rata melalui lantai kendaraan ke gelagar-gelagar dihitung berdasarkan Persamaan 2.9.

$$P' = \frac{p}{2,75} \times \alpha \times s$$

(2.9)

dimana :

$s$  = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu

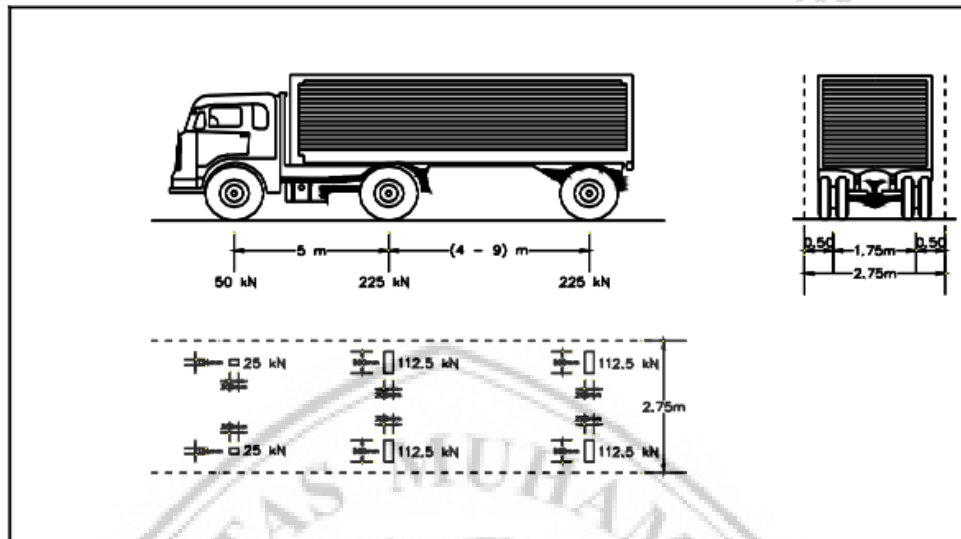
$\alpha$  = faktor distribusi

$\alpha = 0,75$  bila kekuatan gelagar melintang diperhitungkan

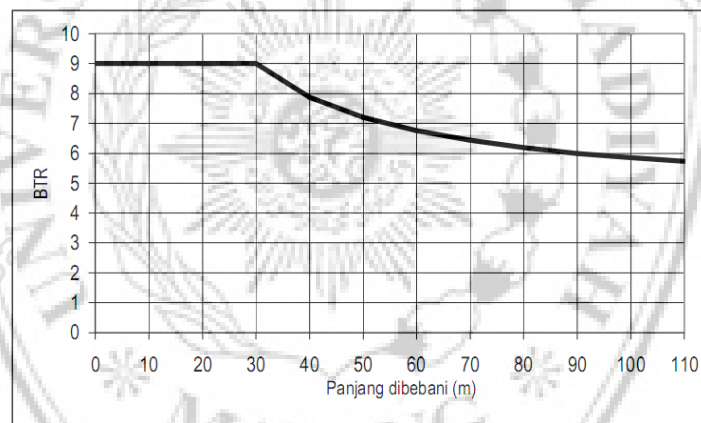
$\alpha = 1,00$  bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan

$P'$  = beban “D” garis terpusat

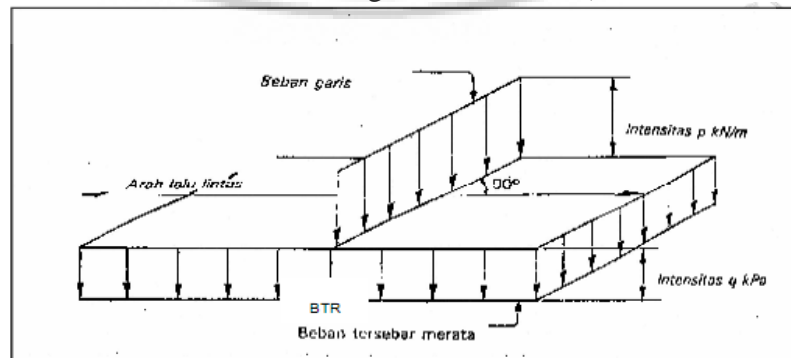




**Gambar 2.9.** Pembebanan truk “T” 500 kN (SNI PPJIR 2005)



**Gambar 2.10.** Grafik Hubungan BRT dan L (SNI PPJIR 2005)



**Gambar 2.10** Beban lajur D (SNI PPJIR 2005)

### 2.3.2 Beban Horisontal

#### 1. Gaya benturan kapal (beban fender)

Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan kapal maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga pada sudut  $10^0$  terhadap sisi depan dermaga. Besarnya energi benturan yang diberikan oleh kapal adalah sesuai dengan rumus berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c \dots\dots\dots(2.10)$$

(Triatmodjo, 2009: 218)

Dimana :

E = energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal (ton meter)

V = kecepatan kapal saat merapat

W = displacement tonage ( m/det )

g = percepatan gravitasi

C<sub>m</sub> = koefisien massa

C<sub>e</sub> = koefisien eksentrisitas

C<sub>s</sub> = koefisien kekerasan ( diambil 1 )

C<sub>c</sub> = koefisien bentuk dari tambayan ( diambil 1 )

#### ➤ Menghitung W (displacmetn tonage)

$$W = k \times \frac{L \times B \times D}{35} (\text{ton}) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

K = koefisien kapal sedang

L = panjang kapal

B = lebar kapal

D = draft

#### ➤ Menghitung C<sub>m</sub> (koefisien massa)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air disekiling kapal yang

Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi \times d}{2 \times C_b \times B} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

$C_b$  = koefisien blok kapal

$d$  = draft kapal (m)

$B$  = lebar kapal (m)

$L_{pp}$  = panjang garis air (m)

$\gamma_o$  = berat jenis air laut ( $t/m^3$ )

➤ Menghitung  $C_e$  (koefisien eksentrisitas)

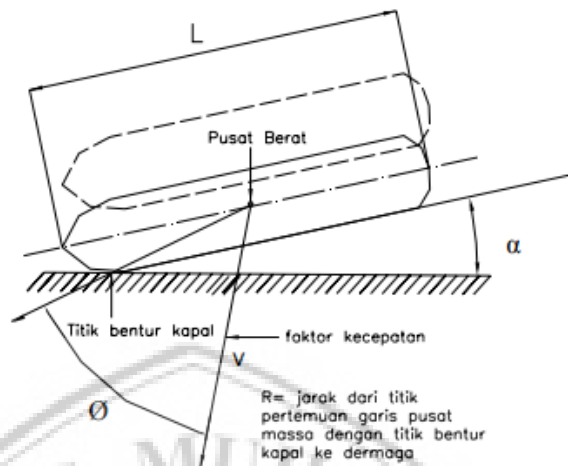
Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C_e = \frac{1}{1+(l/r)^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

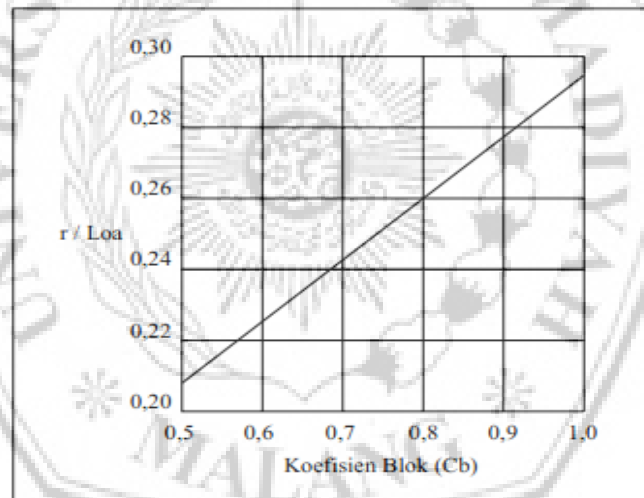
Dimana:

$l$  = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal seperti yang terlihat pada gambar 2.9.

$r$  = jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air, diberikan oleh Gambar 2.10.



**Gambar 2.11.** Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.12.** Grafik koefisien blok (Triatmodjo, 2009)

## 2. Gaya akibat angin

Gaya akibat angin adalah gaya benturan kapal pada dermaga yang disebabkan oleh angin yang berhembus ke badan kapal yang akan merambat pada dermaga. Apabila arah angin menuju dermaga, maka gaya yang ditimbulkan adalah gaya benturan terhadap dermaga, sebaliknya jika

arahnya meninggalkan dermaga maka akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha = 0^\circ$ )  
 $R_w = 0,42 \times Q_u \times A_w \dots \dots \dots (2.6)$
- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah butiran ( $\alpha = 180^\circ$ )  
 $R_w = 0,5 \times Q_u \times A_w \dots \dots \dots (2.7)$
- Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ( $\alpha = 90^\circ$ )  
 $R_w = 1,1 \times Q_u \times A_w \dots \dots \dots (2.8)$

Dimana :

$$P_u = 0,063 V^2 \quad (\text{Triatmodjo, 2009: 222})$$

Dengan :

$R_w$  = gaya akibat angin (kg)

$P_a$  = tekanan angin ( $\text{kg/m}^2$ )

$V$  = kecepatan angin (m/d)

$A_w$  = proyeksi bidang yang tertiuap angin ( $\text{m}^2$ )

#### 2.4. Perencanaan Plat

Plat merupakan panel panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja, tergantung sistem strukturnya. Apabila nilai perbandingan antara panjang dan lebar plat tidak lebih dari 2, digunakan penulangan 2 arah. Perilaku masing-masing komponen struktur dipengaruhi oleh hubungan kaku dengan komponen lainnya. Beban tidak saja hanya mengakibatkan timbunya momen, gaya geser atau lendutan, langsung pada komponen struktur yang menahannya, tetapi komponen-komponen struktur lain yang berhubungan juga ikut berinteraksi karena hubungan kaku antar komponen.

### 2.4.1. Perhitungan Momen pada plat

Pada perencanaan dermaga penyeberangan ferry direncanakan plat dua arah, plat dua arah yang ditumpu pada keempat tepinya adalah struktur stastis tak tentu. Seperti pada plat satu arah yang menerus pada lebih dari dua tumpuan. Perhitungan momen pada plat dilakukan setelah dihitung kondisi pembebanan :

#### 1. Akibat beban mati (DL)

Pada perencanaan plat lantai pembangunan dermaga ini direncanakan dengan plat dua arah, karena syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.  $L_y/L_x \leq 3 \rightarrow$  termasuk plat dua arah (*two way slab*). Plat dengan penulangan dua arah adalah plat yang ditumpu pada ke empat tepinya dan bersifat statis tak tentu. Momen-momen yang timbul pada plat dua arah ini meliputi momen tumpuan arah x dan y ( $M_{tx}$  dan  $M_{ty}$ ) serta momen lapangan arah x dan y ( $M_{lx}$  dan  $M_{ly}$ ).

Berdasarkan buku Struktur Beton Bertulang (Ir. Yunan Rusdianto, MT), pada plat yang menahan dua arah dengan terjepit pada keempat sisinya, maka momen plat penulangan dua arah dihitung berdasarkan Persamaan 2.29 dengan menggunakan metode amplop sebagai berikut :

- a. Momen lapangan arah x ( $M_{lx}$ ) =  $0,001 \times W_u \times L_x^2 \times C_{Mlx}$
- b. Momen lapangan arah y ( $M_{ly}$ ) =  $0,001 \times W_u \times L_x^2 \times C_{Mly}$
- c. Momen tumpuan arah x ( $M_{tx}$ ) =  $0,001 \times W_u \times L_x^2 \times C_{Mtx}$
- d. Momen tumpuan arah y ( $M_{ty}$ ) =  $0,001 \times W_u \times L_x^2 \times C_{Mty}$

Dimana :

$M_{lx}$ ,  $M_{ly}$  = momen lentur plat per satuan panjang di lapangan arah bentang  $l_x$ ,  $l_y$  (tm).

$M_{tx}, M_{ty}$  = momen lentur plat per satuan panjang di tumpuan arah bentang  $l_x, l_y$  (tm).

$q$  = beban total terbagi rata pada plat ( $t/m^1$ ).

$L_x$  = ukuran bentang terkecil plat, bentang yang memikul plat dalam satu arah (m).

$C_m$  = koefisien

## 2. Akibat beban hidup (LL)

Beban hidup pada perencanaan plat lantai dermaga diasumsikan sebagai beban roda kendaraan sebesar 11,25 ton

### 2.4.2. Penulangan Plat

Langkah-langkah perencanaan penulangan plat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Menentukan tebal plat.  
Tebal plat yang direncanakan dalam proyek pembangunan Dermaga sebesar 0,25 m
2. Menghitung beban yang bekerja pada plat, berupa beban mati dan beban hidup.
4. Mencari tulangan plat  
Berdasarkan Buku (CUR 1 hal. 76), langkah-langkah perhitungan tulangan pada plat adalah sebagai berikut :
  - a. Menetapkan tebal plat, tebal penutup beton menurut Tabel 3. Tebal minimum penutup beton (CUR 1 hal.44)
  - b. Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.
  - c. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.
  - d. Membagi  $M_u$  dengan  $b \times d^2 \left( \frac{M_u}{b \times d^2} \right)$  (2.30)  
 Dimana :  $b$  = lebar plat per meter panjang  
 $d$  = tinggi efektif
  - e. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan Persamaan 2.31:

$$\left( \frac{Mu}{b \times d^2} \right) = \rho \times \phi \times f_y \left( 1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f'_c} \right) \quad (2.31)$$

$\phi$  = faktor reduksi (SKSNI T-15-1991-03 hal 15)

- f. Memeriksa syarat rasio penulangan ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ) berdasarkan Persamaan 2.32 untuk  $\rho_{min}$  dan Persamaan 2.33 untuk menghitung  $\rho_{maks}$ .

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.32)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \frac{600}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \quad (2.33)$$

- g. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan dengan Persamaan 2.34

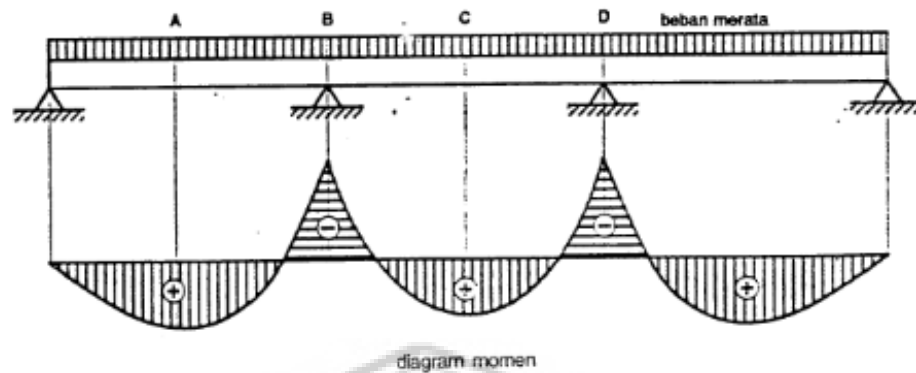
$$(A_s = \rho \times b \times d \times 10^6) \quad (2.34)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 78)

## 2.5. Perencanaan Balok

Balok merupakan elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat. Penentuan dimensi balok berdasarkan pengalaman dapat diambil sebesar  $\frac{1}{2}$  sampai dengan  $\frac{1}{12}$  dari bentang balok, sedangkan untuk lebar balok dapat diambil sebesar  $\frac{1}{2}$  sampai dengan  $\frac{2}{3}$  dari tinggi balok tergantung pada besarnya beban yang bekerja di atasnya. Untuk balok dari suatu bentang menerus, penambahan dan pemasangan tulangan pokok di daerah tekan pada mulanya didasarkan pada pertimbangan pertimbangan teknis pelaksanaan sebagai alasan utamanya. Pada gambar 2.11 tampak bahwa momen positif terjadi di A dan C sehingga tulangan tarik pokok ditempatkan dibagian bawah balok, sedangkan pada titik B dan D timbul momen negatif sehingga dasar balok menjadi daerah tekan dan penulangan baja tarik di tempatkan dibagian atas balok.

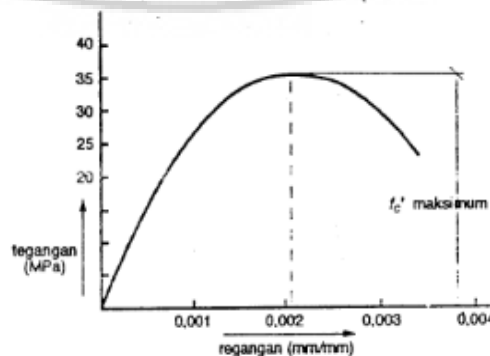




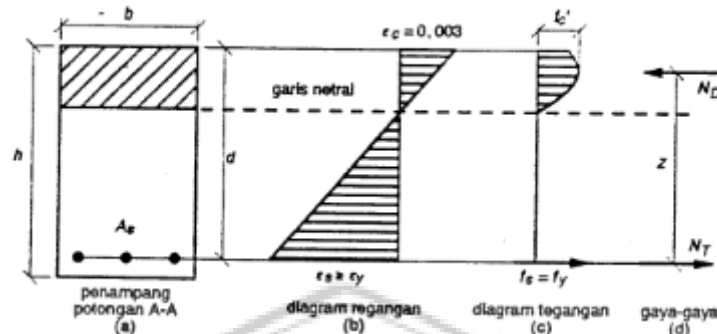
**Gambar 2.13.** balok bentang menerus (istimawan, 1994)

### 2.5.1. Perhitungan Pembebanan Balok

Perhitungan momen pada balok dilakukan setelah Menghitung beban-beban yang bekerja di atasnya. Beban-beban yang bekerja biasanya merupakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup. Pembebanan balok juga dilihat dari kuat beton terhadap gaya tekan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton. kuat tekan masing-masing benda uji di tentukan oleh tegangan tekan tertinggi yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Terlihat pada gambar 2.12 bahwa tegangan  $f_c'$  bukanlah tegangan yang timbul pada saat benda uji hancur melainkan tegangan maksimum pada saat regangan beton mencapai nilai  $\pm 0,002$ .



**Gambar 2.14.** tegangan tekan benda uji beton (istimawan, 1994)



**Gambar 2.15.** balok menahan beban ultimit (istimawan, 1994)

Pada gambar 2.13  $N_D$  adalah resultan gaya tekan dalam, merupakan resultan seluruh gaya tekan pada daerah di atas garis netral. Sedangkan  $N_T$  adalah resultan gaya tarik dalam, merupakan seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah dibawah garis netral. Kedua gaya ini, arah garis kerjanya sejajar, sama besar, tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak  $Z$  sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam dimana nilai maksimumnya di sebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur. Momen tahanan dalam tersebut yang akan menahan atau memikul momen lentur rencana aktual yang ditimbulkan oleh beban luar. Untuk itu dalam merencanakan balok pada kondisi pembebanan tertentu harus disusun komposisi dimensi balok beton dan jumlah serta (luas) baja tulangannya sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan momen tahanan dalam paling tidak sama dengan momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh beban.

#### 1. Akibat beban mati (DL)

Beban mati yang bekerja pada balok dihitung berdasarkan Persamaan 2.35.

- Berat sendiri plat beton  $= 2 \times q_{DL} \times b \left( 1 - \frac{4}{3} \times \frac{b^2}{l_y^2} \right)$
- Berat sendiri balok  $= (h - \text{plat}) \times b \times b_j.\text{beton}$
- $\Sigma q_{DL}$   $= b.\text{plat beton} + b.\text{sendiri balok}$

## 2. Akibat beban hidup (LL)

Beban hidup yang bekerja pada balok dermaga terbagi atas beban hidup arah memanjang (x) dan beban hidup pada arah melintang (y) sebagai berikut :

### a. Arah melintang dermaga (y)

Beban hidup yang bekerja pada balok arah melintang dermaga adalah sebagai berikut :

- Beban air hujan
- Beban angin
- Beban roda kendaraan (11,25 ton)

### b. Arah memanjang dermaga (x)

Beban hidup yang bekerja pada balok arah memanjang dermaga adalah sebagai berikut :

- Beban air hujan
- Beban akibat gaya rem

$$\text{Gaya rem} = 5 \% \times \text{beban lajur D} \quad (\text{RSNI T-02-2005})$$

- Beban akibat beban “D”
  - Beban terbagi rata (q) untuk  $30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$
  - Beban garis terpusat (P) = 4,9 t/m

## 3. Beban kombinasi

Beban kombinasi antara beban mati dan beban hidup berdasarkan RSNI T-02-2005 adalah sebagai berikut :

- Beban mati (DL) = 1,3
- Beban hidup (LL)
  - beban air hujan = 1,0
  - beban “T” = 1,8
  - beban “D” = 1,8

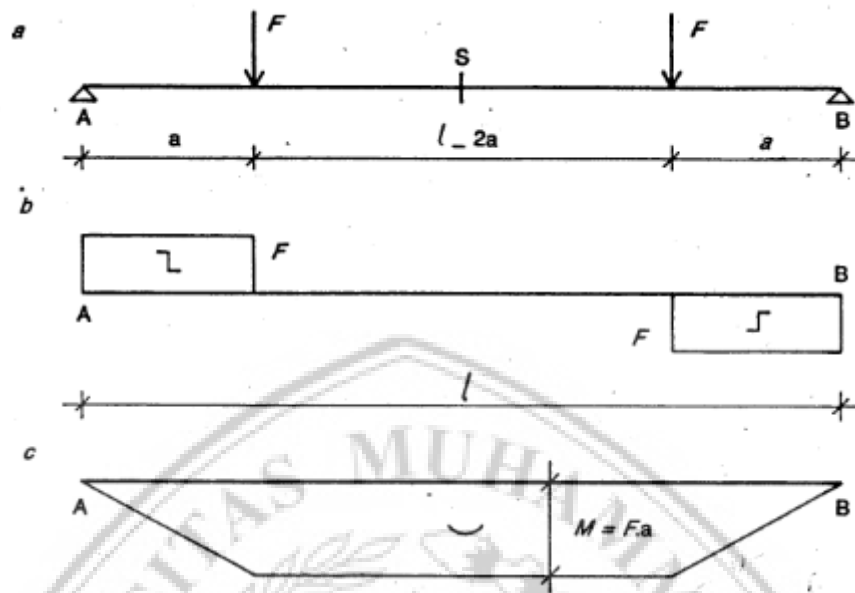
### 2.5.2. Penulangan Balok

Perencanaan penulangan balok (metode lentur murni). Anggapan-anggapan yang digunakan dalam menganalisis beton bertulang yang di beri beban lentur adalah:

- a. Beton tidak dapat menerima gaya tarik karena beton tidak mempunyai gaya tarik.
- b. Perubahan bentuk serupa pertambahan panjang dan perpendekan (regangan tarik dan tekan) pada serat serat penampang, berbanding lurus dengan jarak tiap serat ke sumbu netral. Ini merupakan kriteria yang kita kenal, yaitu penampang bidang datar akan tetap berupa bidang datar.
- c. Hubungan antara tegangan dan regangan baja dapat dinyatakan seara skematis.
- d. Hubungan antara tegangan dan regangan beton dapat dinyatakan secara skematis.

Arti anggapan-anggapan ini dalam praktek ,tinjau sebuah balok beton bertulang tertumpu bebas dengan dua beban terpusat  $f$  di atasnya pada gambar 2.12.

Bila berat balok sendiri diabaikan, maka diagram gaya lintang dan diagram momen lentur terlihat pada gambar 2.12.b dan 2.12.c. diantara kedua beban  $f$ , gaya lintang  $v$  adalah nol dan momen lentur  $m$  konstan, sehingga bagian balok ini mendapat beban lentur murni.



**Gambar 2.16** balok dibebani lentur murni (vis dan kusuma 1993)

Berdasarkan buku CUR 1 (Vis dan Kusuma, 1993: 36) langkah-langkah perhitungan tulangan balok adalah sebagai berikut :

Pada perencanaan lentur murni beton bertulang (Vis dan kusuma, 1993)

- Menetapkan tebal penutup beton menurut Grafik dan Tabel perhitungan Beton Bertulang Hal.14
- Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.
- Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y
- Membagi  $M_u$  dengan  $b \times d^2 \left( \frac{M_u}{b \times d^2} \right)$
- Mencari rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan menggunakan Persamaan :

$$\frac{M_u}{b \cdot d^2} = 0,8 \cdot \rho \cdot F_y \left( 1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'} \right)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 54)

Dimana:

$M_u$  = momen yang dapat ditahan penampang (Nmm)

$b$  = lebar penampang beton (mm)

$d$  = tinggi efektif beton (mm)

$\rho$  = rasio luas tulangan terhadap luas efektif penampang beton

$f_y$  = mutu tulangan (Mpa)

$f_c'$  = mutu beton (Mpa)

f. Memeriksa syarat rasio penulangan ( $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ )

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{maks} = \frac{600}{600 + f_y} \beta \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y}$$

g. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d \times 10^6$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 54)

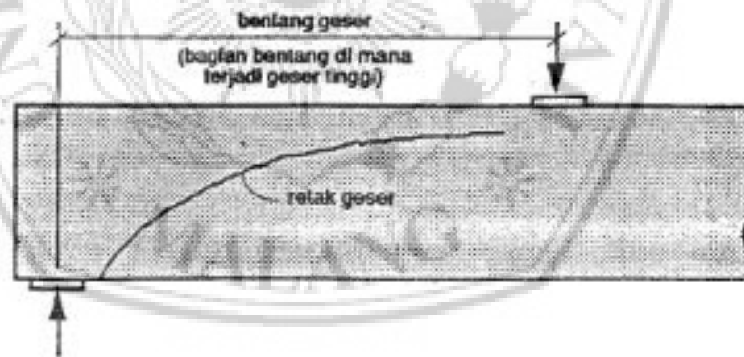
#### - Perhitungan Tulangan Geser

Dalam membahas balok terlentur hendaknya mempertimbangkan pula bahwa pada saat yang sama balok juga menahan gaya geser akibat lenturan. Kondisi kritis geser akibat lentur di tunjukan dengan timbulnya tegangan-tegangan tarik tambahan di tempat-tempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga diluar kemampuan beton untuk menahannya, perlu memasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut. Tegangan geser lentur yang akan timbul disepanjang komponen struktur dimana bekerja gaya geser dan momen lentur dan penampang komponen mengalami tegangan-tegangan tersebut pada tempat-tempat selain digaris netral dan serat tepi penampang. Komposisi penampang tegangan-tegangan tersebut disuatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok.

Perencanaan penulangan geser adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah bkaan retak lebih lanjut. Maka pada gambar 2.13 penulangan geser dapat dilakukan dalam beberapa cara :

1. Senggang vertikal
2. Jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial
3. Senggang miring atau diagonal
4. Batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan degan cara membengkokan batang tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan
5. Tulangan spiral.

(Istimawan  
1994.112)



**Gambar 2.17.** kerusakan tipika akibat tarik diagonal (Istimawan, 1994)

Selanjutnya Berdasarkan (Vis dan Kusuma, 1993: 133) langkah-langkah perhitungan tulangan geser adalah sebagai berikut :

- a. Hitung Gaya lintang maksimum  $V_s$
- b. Menghitung  $V_u$  dan periksa apakah  $V_u \leq \phi V_c$  menggunakan Persamaan 2.36 dan 2.37.

$$V_u = \frac{Vu}{bd} \quad (2.36)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 133)

Dimana :

$V_u$  = Gaya lintang pada penampang

$b$  = lebar balok

$d$  = tinggi efektif balok

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \quad (2.37)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 124)

Jika,  $V_u > \phi V_c$  maka harus digunakan tulangan geser.

c. Periksa apakah  $\phi V_s \leq \phi V_{smaks}$  , kemudian tentukan panjang

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c \quad (2.38)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 134)

$$\phi V_{smaks} = \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \quad (2.39)$$

(Vis dan Kusuma, 1993: 129)

## 2.6. Perencanaan Fender

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan selanjutnya dilakukan pemilihan tipe fender. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sistem fender :

1. Fender harus memiliki kemampuan penyerapan energi kinetis lebih besar dibanding energi kinetik yang terjadi akibat tumbukan kapal ke fender.
2. Gaya reaksi yang timbul sebagai sisa energi kinetis yang tidak terserap oleh fender dicari yang menghasilkan angka terkecil.
3. Tekanan yang timbul dari sistem fender tidak boleh melebihi kemampuan menahan tekanan dari lambung kapal (=badan kapal).
4. Harus diperhatikan juga harga dan biaya konstruksi serta biaya perawatan bagi fender maupun tambatannya.



Dengan kata lain, pada waktu memilih fender harus diingat akan adanya energi tumbukan yang diabsorpsi fender ( $=E_f$ ) dan gaya reaksi ( $=P$ ) yang harus ditahan bangunan. Jadi pemilihan fender harus memperhatikan faktor yang memenuhi persyaratan. Fender yang ideal adalah yang mampu mengabsorpsi energi kinetik yang sebesar – besarnya dan mengubah ke bentuk gaya reaksi sekecil – kecilnya ke konstruksi dermaga.

### 2.6.1. Perhitungan gaya benturan yang diserap fender

Kapal yang merapat pada dermaga masih mempunyai kecepatan baik yang digerakkan oleh mesinnya sendiri (kapal kecil) maupun ditarik oleh kapal tunda (kapal besar). Pada waktu merapat tersebut terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Walaupun kecepatan kapal yang kecil namun karena massanya yang besar, maka energi yang terjadi karena benturan sangat besar. Untuk menghindari kerusakan kapal dan dermaga karena benturan tersebut maka di depan dermaga diberikan bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan inilah yang disebut sebagai fender.

Perencanaan sistem fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedangkan sisa energinya diserap oleh struktur dermaga itu sendiri. Struktur dermaga yang sangat kaku dianggap tidak menyerap energi benturan, sehingga energi tersebut ditahan oleh sistem fender. Energi yang dapat diserap oleh fender dihitung berdasarkan Persamaan 2.40 berikut. Apabila  $d$  adalah defleksi fender maka terdapat hubungan seperti berikut pada Gambar 2.11.

$$F = \frac{W_s}{2gd} \times v^2 \times \sin^2 \alpha \quad (2.41)$$

(Triatmodjo, 2009: 276)

Dimana :

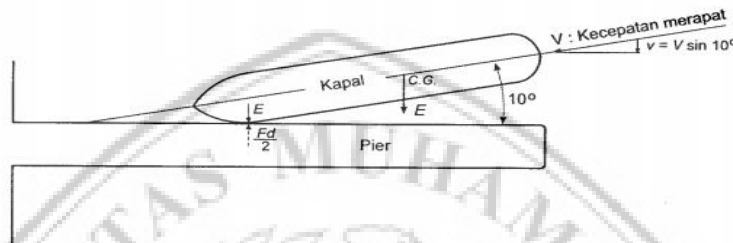
$F$  : gaya benturan yang diserap sistem fender

$d$  : defleksi fender (45 %)

$V$  : komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga

W : bobot kapal bermuatan penuh

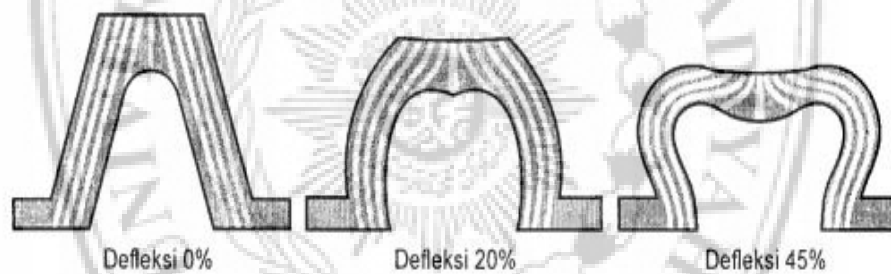
Gaya yang akan diteruskan ke dermaga tergantung tipe fender dan defleksi fender yang diijinkan pada dermaga tersebut. Biasanya ditetapkan bahwa defleksi maksimum yang diijinkan pada fender sebesar 45% seperti pada Gambar 2.12



Gambar

Benturan kapal pada dermaga

2.18.



Gambar 2.19. Defleksi fender karena benturan kapal

### 2.6.2. Pemilihan tipe fender

Fender dibuat dari bahan elastis, seperti kayu atau karet. Fender yang berbahan kayu biasanya berupa batang kayu yang dipasang didepan muka pada dermaga atau tiang kayu yang di pancang. Tetapi saat ini fender kayu sudah jarang digunakan, karena ditinjau dari harga kayu yang semakin mahal serta dari segi masalah lingkungan yang muncul akibat penebangan pohon. Fender karet yang merupakan produk dari pabrik saat ini sudah semakin banyak digunakan karena segi kualitasnya yang lebih baik dan banyak tersedia di pasaran dengan sebagai tipe. Berikut ini penjelasan mengenai tipe fender

### 1. Fender kayu

Fender kayu merupakan batang-batang kayu yang dipasangkan dengan posisi horizontal atau vertikal pada sisi depan dermaga. Seperti pada Gambar 2.11 adalah contoh fender kayu yang digantung pada sisi dermaga, sedangkan pada Gambar 2.12. merupakan contoh fender kayu yang berupa tiang pancang yang dilengkapi dengan balok memanjang (horizontal).

### 2. Fender karet

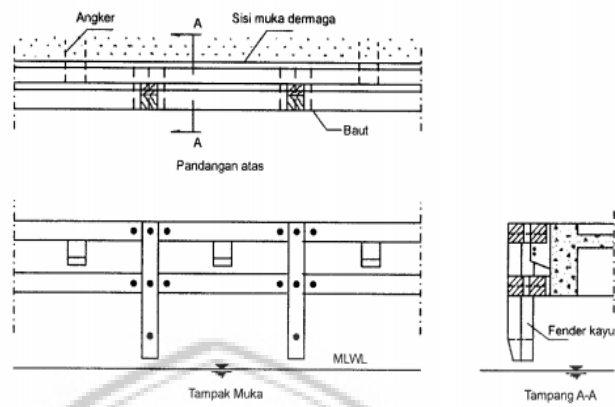
Fender karet merupakan produk buatan pabrik dengan bentuk dan ukuran yang berbeda tergantung pada fungsinya. Fender karet memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada pabrik yang memproduksinya. Beberapa tipe fender sebagai berikut :

#### ➤ Fender ban bekas mobil

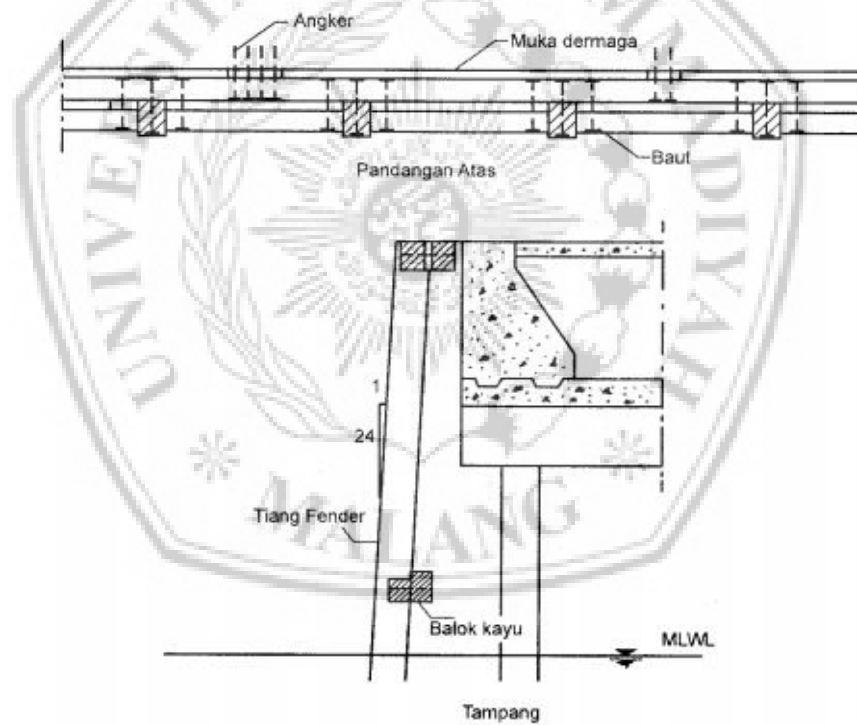
Fender yang terbuat dari ban bekas mobil ini merupakan fender karet yang paling sederhana, biasanya fender ban bekas mobil ini dipasang pada sisi depan dermaga untuk merapatnya kapal-kapal yang berukuran kecil.

#### ➤ Fender tipe A

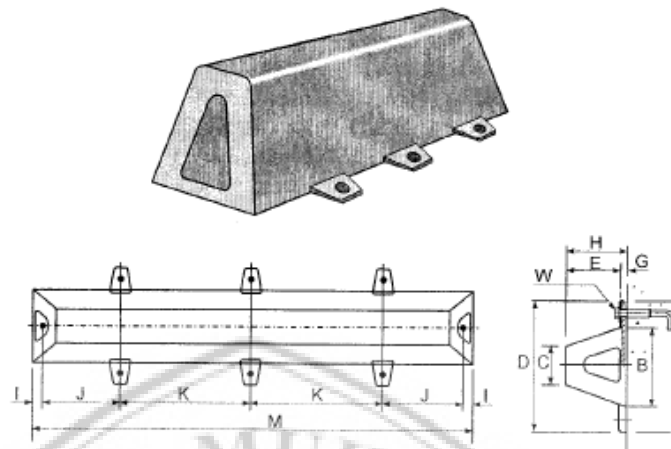
Fender tipe A adalah jenis fender yang berbentuk seperti huruf A yang dipasang pada dermaga dengan menggunakan baut. karakteristik pada fender tersebut berdasarkan oleh pabrik yang memproduksinya (PT. Kemenangan) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15. Gambar 2.16 menunjukkan hubungan antara defleksi dan gaya reaksi serta defleksi dan energi yang diserap oleh fender tipe A. Sedangkan Tabel 2.4. menjelaskan mengenai gaya dan energi yang diserap untuk berbagai ukuran fender tipe A pada defleksi 45%.



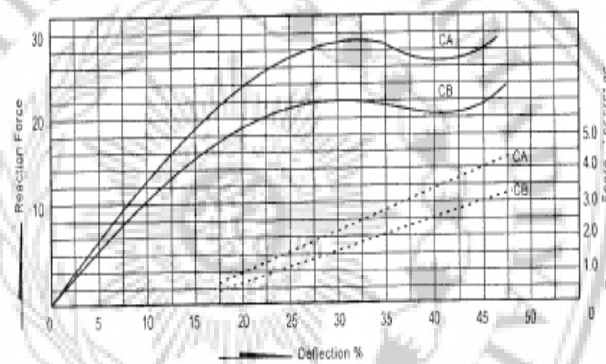
**Gambar 2.20.** Fender kayu gantung



**Gambar 2.21.** Fender kayu tiang pancang



**Gambar 2.22.** Fender tipe A (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.23.** Grafik hubungan defleksi-reaksi (Triatmodjo, 2009)

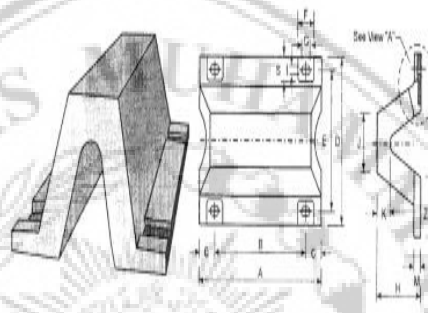
**Tabel 2.13.** Kapasitas Fender tipe A

Type Fender	CA		CB	
	R.F(ton)	E.A(ton-m)	R.F(ton)	E.A(ton-m)
KAF 200 H	15.28	1.0	12.30	0.75
KAF 300 H	23.60	2.2	17.34	1.60
KAF 400 H	30.92	4.0	24.25	3.00
KAF 500 H	38.56	6.2	30.10	4.60
KAF 600 H	45.08	9.0	34.15	6.50
KAF 800 H	60.50	16.0	48.33	12.00
KAF 1000 H	75.31	25.0	60.10	18.00

(Sumber : Triatmodjo, 2009)

➤ Fender tipe V

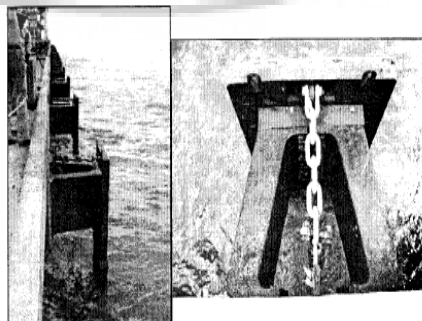
Fender tipe V mempunyai bentuk serupa seperti pada fender tipe A seperti yang terlihat pada Gambar 2.17. Pada fender tipe V dapat dipasang secara horisontal pada sisi depan dermaga seperti pada Gambar 2.18, juga dapat dipasang secara vertikal dan didepanya dipasang panel contact seperti pada Gambar 2.19. karakteristik fender V diberikan oleh (PT. Kemenangan) yang memproduksi seperti yang disajikan pada Tabel 2.5.



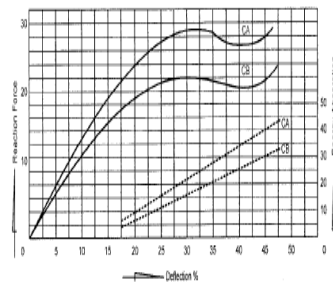
**Gambar 2.24.** Fender tipe V (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.25.** Fender tipe V dipasang Horizontal (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.26.** Fender tipe V dipasang dengan panel contact (Triatmodjo, 2009)



**Gambar 2.27.** Grafik defkresi reaksi fender (Triatmodjo, 2009)

**Tabel 2.14.** Kapasitas Fender tipe V

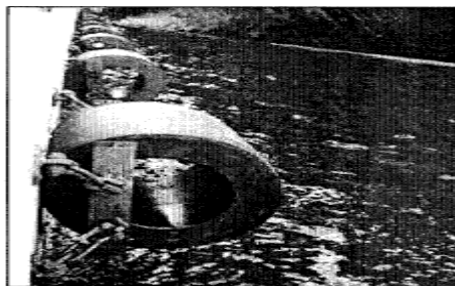
Tipe Fender	CA		CB	
	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)
KVF 200 H	15.35	1.0	12.60	0.75
KVF 250 H	19.52	1.6	15.30	1.18
KVF 300 H	23.07	2.2	17.48	1.60
KVF 400 H	30.37	4.0	24.12	3.00
KVF 500 H	38.40	6.2	30.01	4.60
KVF 600 H	45.59	9.0	34.30	6.50
KVF 800 H	60.74	16.0	48.17	12.00
KVF 1000 H	75.96	25.0	60.29	18.00

Toleransi  $\pm 10\%$

(Sumber : Triatmodjo, 2009)

➤ Fender silinder

Fender silinder ini merupakan fender karet berbentuk bulat yang digantungkan pada sisi depan dermaga dengan menggunakan rantai seperti pada Gambar 2.21. Ukuran fender silinder ditunjukkan dengan diameter luar (OD) dan diameter dalam (ID). Kapasitas pada fender tipe silinder ini disajikan pada Tabel 2.6.



**Gambar 2.28.** Fender silinder (Triatmodjo, 2009)

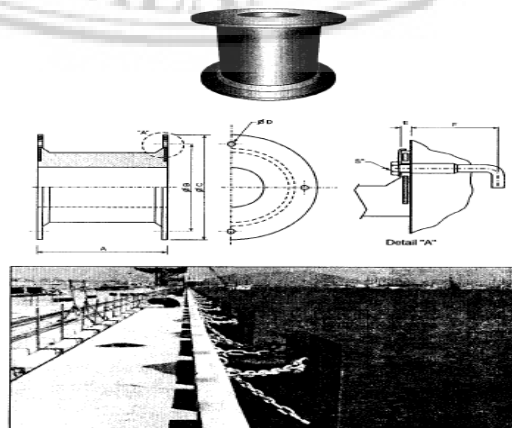
Dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	Energi diserap E (ton-m)	Dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	Energi diserap E (ton-m)
100 x 50	4.38	0.08	1200 x 600	67.28	16.51
125 x 65	5.20	0.13	1200 x 700	55.25	15.39
150 x 75	6.63	0.18	1300 x 700	66.26	18.76
175 x 75	9.38	0.28	1300 x 750	60.65	18.14
200 x 90	9.99	0.36	1400 x 700	78.49	22.43
200 x 100	8.77	0.34	1400 x 750	71.78	21.81
250 x 125	11.01	0.52	1400 x 800	66.16	21.20
300 x 150	13.15	0.75	1500 x 750	84.10	25.79
380 x 190	16.72	1.20	1500 x 800	77.47	25.08
400 x 200	17.53	1.34	1600 x 800	89.70	29.36
450 x 225	19.78	1.69	1600 x 900	77.17	27.83
500 x 250	28.03	2.85	1650 x 900	72.58	30.07
600 x 300	33.64	4.08	1750 x 900	94.70	34.66
700 x 400	33.13	5.30	1750 x 1000	82.67	33.13
750 x 400	38.74	6.22	1800 x 900	100.92	37.10
800 x 400	44.85	7.34	1850 x 1000	93.88	37.92
875 x 500	41.39	8.26	2000 x 1000	112.23	45.87
925 x 500	47.07	9.48	2000 x 1200	88.79	42.30
1000 x 500	46.99	11.42	2100 x 1200	99.29	47.60
1050 x 600	56.07	11.93	2200 x 1200	110.40	53.41
1100 x 600	49.64	13.35	2400 x 1200	134.66	65.95

Nilai energi yang diserap ( $E_A$ ) dan gaya reaksi ( $R_R$ ) adalah pada defleksi sama dengan diameter dalam ID dan untuk panjang fender 1000 mm. Toleransi  $\pm 10\%$

**Tabel 2.15.** Kapasitas Fender tipe V  
(Sumber : Triatmodjo, 2009)

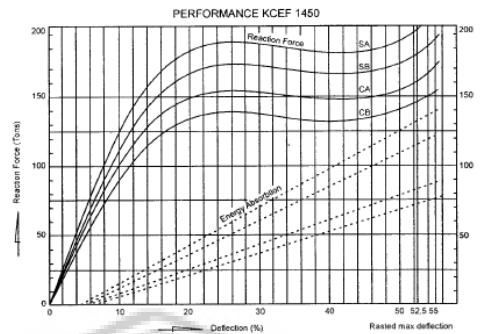
➤ Fender tipe sel (*cell fender*)

Fender karet selanjutnya adalah fender karet yang berbentuk sel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.22. fender sel dipasang pada sisi depan dermaga dengan menggunakan baut seta sisi depan fender dipasangkan panel contact. Karakteristik fender ini dibuat oleh pabrik yang memproduksinya (PT. Kemenangan) disajikan pada Gambar 2.23 serta Tabel kapasitas fender sel disajikan pada Tabel 2.7.



**Gambar 2.29.** Fender tipe sel (Triatmodjo, 2009)





Gambar 2.30. Karakteristik Fender sel (Triatmodjo, 2009)

Tabel 2.16. Kapasitas Fender tipe Sel

Compound Grade Size	CA		CB		SA		SB	
	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)
KCEF 400 H	11.00	1.70	9.80	1.50	14.99	2.42	13.37	2.18
KCEF 500 H	31.80	4.20	16.50	3.20	23.41	4.73	20.90	4.26
KCEF 630 H	34.40	7.10	26.30	6.30	36.53	10.18	32.69	9.03
KCEF 800 H	47.30	14.40	42.00	12.80	60.35	21.70	54.11	19.46
KCEF 1000 H	75.20	33.50	66.80	28.30	94.37	42.35	84.48	37.80
KCEF 1150 H	99.50	50.20	88.30	44.60	125.14	64.75	112.02	57.93
KCEF 1250 H	117.60	64.50	104.30	57.30	147.82	83.12	132.27	74.31
KCEF 1450 H	158.20	108.56	140.40	89.40	199.15	130.55	178.26	116.62
KCEF 1600 H	192.60	135.30	171.00	120.10	241.38	173.60	216.11	155.05
KCEF 1700 H	217.40	162.30	193.00	144.10	273.58	210.35	244.86	187.88
KCEF 2000 H	300.00	264.30	267.10	234.60	377.46	338.80	337.77	302.40
KCEF 2250 H	422.80	417.70	375.20	370.00	449.15	430.50	401.92	384.09
KCEF 2500 H	522.00	573.00	463.30	508.60	522.22	520.83	466.07	465.78

Toleransi  $\pm 10\%$

(Sumber : Triatmodjo, 2009)

➤ Fender *pneumatic*

Fender *pneumatic* merupakan fender tipe terapung yang ditempatkan antara kapal dan struktur dermaga, seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 2.31. Fender *pneumatic*

## 2.7. Perhitungan poer (pile cap)

Pile cap berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Pile cap adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan.

Bila digunakan poer ukurannya harus memenuhi syarat bagi jumlah tiang pancang yang akan dipasang di bawahnya. Disarankan jarak tepi poer terhadap tepi luar tiang minimal 15 cm sebagai ruang untuk selimut beton (7 cm) ditambah 4 kali diameter tulangan ditambah jarak untuk beton pengisi minimal 4 cm. Untuk penentuan momen dan gaya lintang dapat ditentukan berdasar hasil perhitungan Software atau yang lain.

## 2.8. Perencanaan pondasi tiang pancang

Pada perencanaan dermaga ferry Amahai ini pondasi tiang pancang yang digunakan adalah pondasi tiang pancang beton sesuai dengan lingkungan dan material yang dipakai. Precast reinforced pile adalah tiang pancang dari beton bertulang dicetak dan di cor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah kuat lalu di angkat dan dipancangkan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah diberi penulangan-penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Maka dari itu perencanaan pondasi tiang pancang harus mempertimbangkan material dan lingkungan. Di gunakan beton bertulang sebab bangunan berada di pantai. Tiang pancang beton ini dapat tahan lama sekali, serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan bersifat korosi asalkan dekkungnya cukup tebal untuk melindungi tulangannya.

Dalam merencanakan pondasi tiang pancang pada dermaga, perlu dihitung terlebih dahulu gaya vertikal maupun gaya horizontal yang bekerja pada struktur dermaga tersebut.

A. Pembebanan pondasi tiang pancang

➤ Menghitung beban horizontal

Beban horizontal pada Dermaga Ferry Amahai terdiri dari :

1. Beban benturan kapal
2. Beban akibat angin
3. Gaya akibat arus
4. Gaya akibat fender
5. Gaya tarikan pada bollard

➤ Menghitung beban Vertikal

Beban vertikal pada dermaga Ferry Amahai terdiri dari :

1. Beban hidup (Beban "D" terbagi rata dan beban "D" garis)
2. Beban mati (berat sendiri struktur)

B. Perencanaan pondasi tiang pancang

➤ Perhitungan Daya Dukung Tiang (data CPT) menggunakan Persamaan 4.42, 4.43 dan 4.44

$$Q_b = P_b \times A_b \quad (2.42)$$

$$Q_s = F_s \times A_s \quad (2.43)$$

Dimana :

$Q_u$  : kapasitas daya dukung tiang pancang

$Q_b$  : daya dukung ujung tiang

$P_b$  : nilai konus ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_b$  : luas penampang ujung pondasi ( $\text{cm}^2$ )

$Q_s$  : daya dukung gesekan

$F_s$  : friction rerata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_s$  : luas selimut pondasi tiang ( $\text{cm}^2$ )

Daya dukung ijin tiang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan material tiang pancang itu sendiri. Analisis daya dukung ijin tekan pondasi tiang terhadap kekuatan tanah dihitung berdasarkan pada Persamaan 2.44.

$$Q_a = \frac{Q_b}{F_k} + \frac{Q_s}{F_k} \quad (4.44)$$

Dimana :

$Q_b$  : daya dukung ujung tiang

$Q_s$  : daya dukung gesekan

$F_k$  : faktor keamanan, 3 dan 5

- Perhitungan DDT kelompok tiang pancang dengan pendekatan tiang tunggal menggunakan Persamaan 4.45 dan 4.46.

$$q_u = Q_b + Q_s \quad (4.45)$$

$$Q_u = \mathcal{M} \times n \times q_u \quad (4.46)$$

Dimana :

$Q_u$  : daya dukung *pile groups*

$\mathcal{M}$  : efisiensi kelompok tiang

$n$  : jumlah tiang pancang

$q_u$  : daya dukung tiang tunggal

- Perhitungan pembagian tekanan pada kelompok tiang pancang

Akibat beban-beban dari atas dan juga dipengaruhi oleh formasi tiang dalam satu kelompok tiang, tiang-tiang akan mengalami gaya tekan atau tarik. Oleh karena itu tiang-tiang tersebut harus dikontrol untuk memastikan bahwa masing-masing tiang mampu menahan beban dari struktur atas sesuai dengan daya dukungnya.

Beban aksial dan momen yang bekerja akan didistribusikan ke pile cap dan kelompok tiang berdasarkan rumus elastisitas dengan menganggap bahwa pile cap kaku sempurna, sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak

menyebabkan pile cap melengkung atau deformasi. Untuk menghitung tekanan pada kelompok tiang pancang digunakan Persamaan 4.47.

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{maks}}{n_x \cdot \sum y^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{maks}}{n_y \cdot \sum x^2} \quad (4.47)$$

(Sardjono, 1991: 55)

Dimana :

$P_{maks}$  : beban maksimum tiang

$\sum V$  : jumlah total beban vertikal

$n$  : jumlah tiang pancang

$M_x$  : momen yang bekerja tegak lurus sumbu x

$M_y$  : momen yang bekerja tegak lurus sumbu y

$y_{maks}$  : jarak tiang arah sumbu y terjauh

$x_{maks}$  : jarak tiang arah sumbu x terjauh

$\sum x^2$  : jumlah kuadrat x

$\sum y^2$  : jumlah kuadrat y

$n_x$  : banyaknya tiang dalam satu baris arah sumbu x

$n_y$  : banyaknya tiang dalam satu baris arah sumbu y

- Perhitungan Daya dukung horizontal berdasarkan pada Persamaan 4.48. dan 4.49.

Dalam analisis gaya horizontal yang terjadi pada pondasi tiang Dermaga, tiang perlu dibedakan menurut model ikatannya dengan penutup tiang (pile cap). Karena ujung tiang pada Dermaga memiliki tiang ujung jepit (fixed and pile).

Pada tanah kohesif dan ujung terjepit

$$H_u = 9 \times C_u \times D \times (L_p - 3D/2) \quad (4.48)$$

(Pamungkas, 2013: 60)

$$M_{max} = H_u \times (L_p/2 + 3D/2) \quad (4.49)$$

Dimana :

Hu : daya dukung horizontal  
Cu : *undrained strength*  
D : diameter tiang (m)  
Lp : panjang tiang yang tertanam (m)

